

理论力学学习题解答

LI LUN LI XUE XI TI JIE DA

(中专统编教材题解)

南京机械专科学校印

1985.7

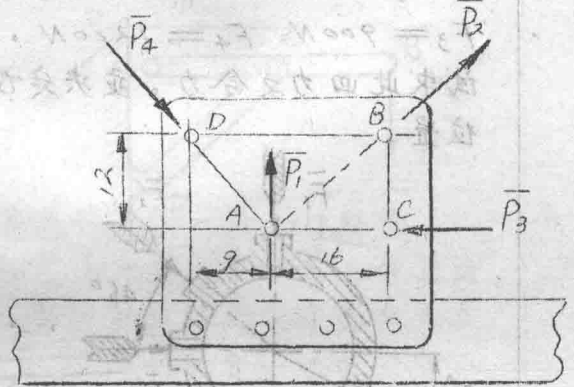
理论力学学习题解答

目 录

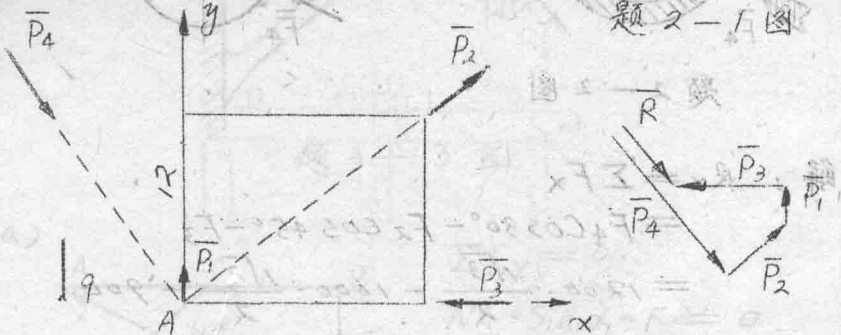
第二章	平面汇交力系	1—11
第三章	力偶理论	12—22
第四章	平面任意力系	23—48
第五章	摩 擦	49—65
第六章	空间力系	66—86
第七章	重 心	87—91
第八章	质点的运动	92—105
第九章	刚体的基本运动	106—114
第十章	质点的相对运动	115—130
第十一章	刚体的平面运动	131—146
第十二章	动力学基本方程	147—157
第十三章	动量定理	158—165
第十四章	动量矩定理	166—173
第十五章	动能定理	174—189
第十六章	达朗伯原理	190—207
第十七章	碰 撞	208—211
第十八章	振 动	212—217

第二章 平面汇交力系

2-1 铆接薄钢板在孔心 A、B、C 和 D 处受四力作用，本板结构及孔间几何尺寸如图所示。已知 $P_1 = 50\text{ N}$ ， $P_2 = 100\text{ N}$ ， $P_3 = 150\text{ N}$ ， $P_4 = 200\text{ N}$ 。求此汇交力系之合力。请分别用图解法及解析法进行，并作比较。



题 2-1 图



$$\begin{aligned} \text{解: } R_x &= \sum F_x \\ &= 100 \cdot \frac{4}{5} - 150 + 200 \cdot \frac{3}{5} = 50\text{ N} \\ R_y &= \sum F_y \\ &= 50 + 100 \cdot \frac{3}{5} - 200 \cdot \frac{4}{5} = -50\text{ N} \end{aligned}$$

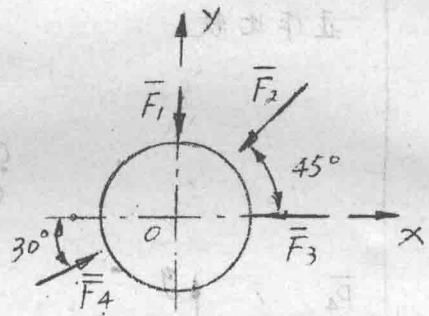
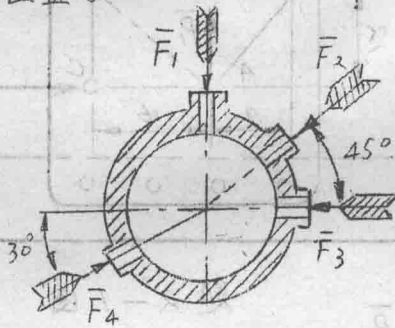
$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

$$R = \sqrt{50^2 + (-50)^2} = 50\sqrt{2} \text{ N}$$

$$= \sqrt{50^2 + (-50)^2} = 50\sqrt{2} \text{ N}.$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{R_y}{R_x} = -1 \quad \therefore \alpha = -45^\circ$$

2-2 在组合机床上加工一壳体上的四个径向孔。壳体水平安装，不计重力，四孔在一次安装中同时钻出，若已知四个钻头对工件之压力分别为 $F_1 = 800 \text{ N}$ 、 $F_2 = 1000 \text{ N}$ 、 $F_3 = 900 \text{ N}$ 、 $F_4 = 1200 \text{ N}$ 。（不计钻头的旋转作用）。试求此四力之合力。并决定设计夹具时支承应当放置的位置。



题 2-2 图

解：

$$R_x = \sum F_x$$

$$= F_4 \cos 30^\circ - F_2 \cos 45^\circ - F_3$$

$$= 1200 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 1000 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} - 900$$

$$= -567.87 \text{ N}$$

$$R_y = \sum F_y$$

$$= -F_1 - F_2 \sin 45^\circ + F_4 \sin 30^\circ$$

$$= -800 - 1000 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} + 1200 \cdot \frac{1}{2}$$

$$= -907 \text{ N}$$

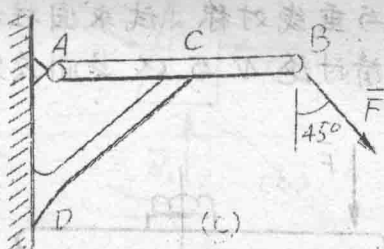
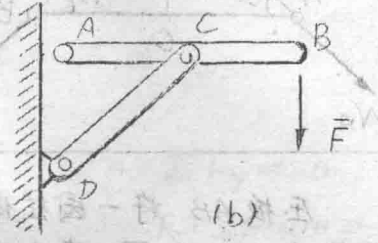
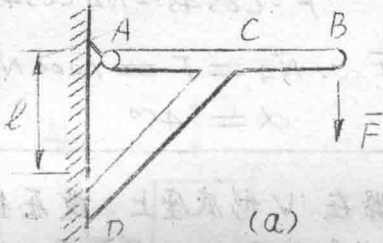
$$= \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

$$= \sqrt{(-567.87)^2 + (-907)^2} = 1071.1 \text{ N}$$

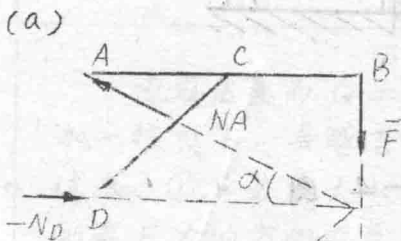
$$\tan \alpha = \frac{-9.7}{-567.8} = 1.597$$

$$\therefore \alpha = 57^{\circ}56'57'' \quad (\text{在第三象限})$$

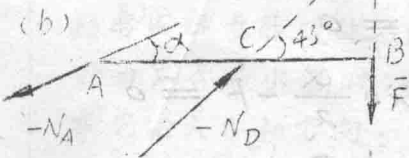
2-3 托架制成下图所示之三种形式。已知 $F = 1000 \text{ N}$, $AC = CB = AD = l$ 。请分别就三种情况计算出 A 处约束反力的大小与方向。



题 3-3 图



$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= 0 \\ N_A \cdot \sin \alpha - F &= 0 \\ \therefore N_A &= \frac{F}{\sin \alpha} = \frac{1000}{1/\sqrt{5}} \\ &= 2236 \text{ N} \end{aligned}$$



$$\tan \alpha = \frac{1}{2} \quad \therefore \alpha = 26^{\circ}33'54''$$

$$\begin{aligned} \Sigma F_x &= 0 \\ N_D \cdot \cos 45^{\circ} - N_A \cdot \cos \alpha &= 0 \\ \therefore N_D &= N_A \frac{\cos \alpha}{\cos 45^{\circ}} \end{aligned}$$

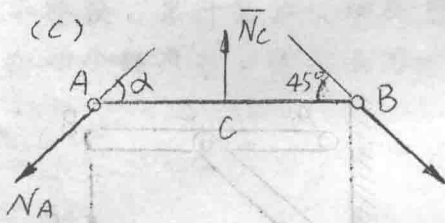
$$\sum F_y = 0$$

$$N_D \cdot \sin 45^\circ - N_A \cdot \sin \alpha - F = 0$$

(即第三题)

$$\therefore N_A = \frac{F}{\cos \alpha - \sin \alpha} = 2236 \text{ N}$$

$$\tan \alpha = \frac{1}{2} \quad \therefore \alpha = 26^\circ 33' 54''$$



$$\sum F_x = 0$$

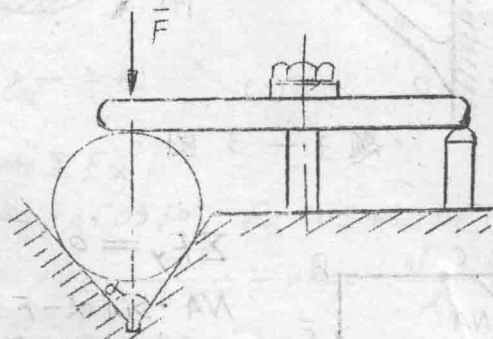
$$F \cdot \cos 45^\circ - N_A \cos 45^\circ = 0$$

$$\therefore N_A = F = 1000 \text{ N}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

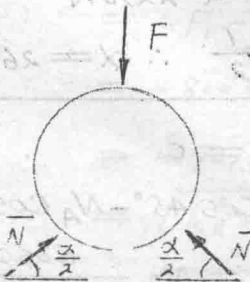
2-4

压板 AB 将一圆柱体夹紧在 V 形底座上。设压板给圆柱体之力为 \bar{F} ，其方向为铅垂向下。V 形底座二侧面之夹角为 α ，且与垂线对称。试求圆柱体与 V 形侧面之间的压力 N ，并请讨论 N 与 α 之间关系。



题 2-4 图

解：



$$\sum F_y = 0$$

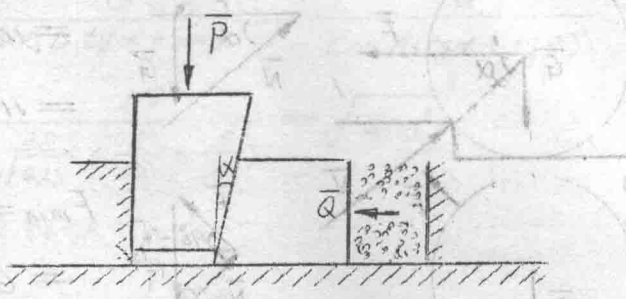
$$2N \cdot \sin \frac{\alpha}{2} - F = 0$$

$$N = \frac{F}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

N 随 α 角减小而增大

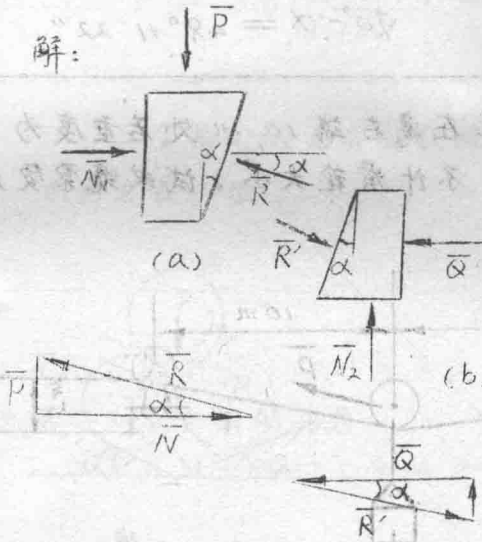
2-5

图示为一利用斜楔原理的榨油机，已知 $\alpha = 6^\circ$ ， $P = 1 \text{ kN}$ ，试求压榨力 Q 及增力比 $\frac{Q}{P}$ 的大小。



题 2-5 图

解：



$$(a) \sum F_y = 0$$

$$R \sin \alpha - P = 0$$

$$\therefore R = \frac{P}{\sin \alpha}$$

$$(b) \sum F_x = 0$$

$$R \cos \alpha - Q = 0$$

$$\therefore Q = R \cos \alpha = P \cot \alpha$$

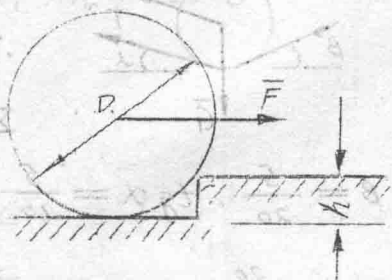
$$\frac{Q}{P} = \cot \alpha = 9.514$$

2-6

电缆盘重力 $Q = 10 \text{ kN}$ ，直径 $D = 1.2 \text{ m}$ ，在水平加一拉力 F ，要越过 $h = 0.2 \text{ m}$ 的台阶，其它如图所示。

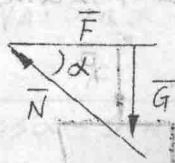
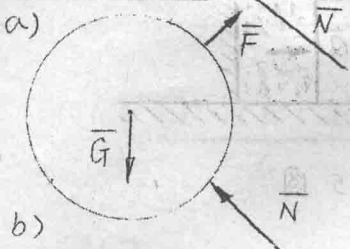
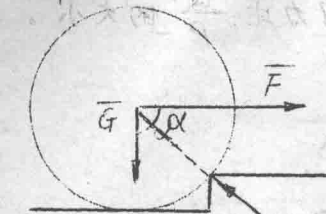
试求：① F 力的大小

② 若 F 力的方向可变，则要候缆盘能过此台阶的力 F 为最小值时，试求它的大小和方向。



题 2-6 图

解:

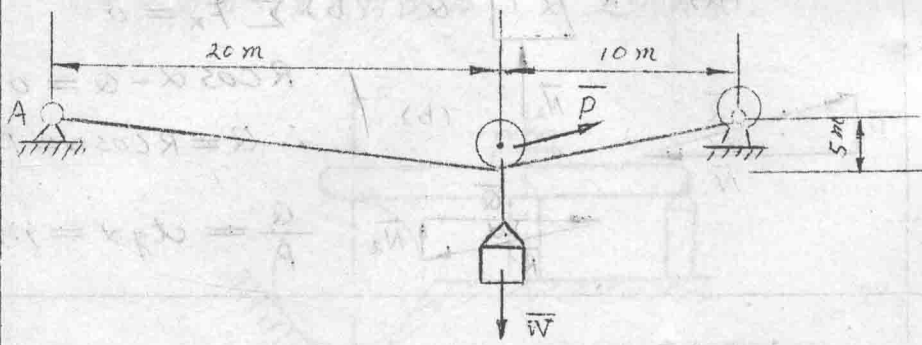


$$F = G \cdot \operatorname{ctg} \alpha = 10 \cdot \frac{\sqrt{0.6^2 - 0.4^2}}{0.4} = 11.18 \text{ KN}$$

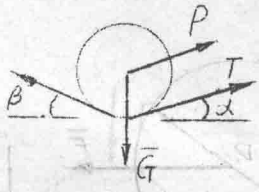
$$F_{\min} = G \sin(90^\circ - \alpha) = G \cos \alpha = 10 \cdot \frac{0.6}{0.6} = 7.453 \text{ KN}$$

$$90^\circ - \alpha = 48^\circ 11' 22''$$

2-7 缆车跨距为 30m, 在离右端 10m 处若垂度为 5m, 重物重 $W = 1.5 \text{ KN}$, 不计滑轮大小, 试求缆索受力 T 及曳引力 P 。



解:



$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ T \cos \alpha + P \cos \alpha - T \cos \beta &= 0 \\ \therefore P &= T \left(\frac{\cos \beta}{\cos \alpha} - 1 \right) \quad \text{--- (a)} \end{aligned}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{5}{20}, \operatorname{tg} \alpha = \frac{5}{10} \quad P \sin \alpha + T \sin \alpha + T \sin \beta - G = 0 \quad \text{--- (b)}$$

$$\cos \beta = \frac{20}{\sqrt{425}}, \cos \alpha = \frac{10}{\sqrt{125}} \quad \text{以 (a) 代入 (b) 得}$$

$$T (\cos \beta \operatorname{tg} \alpha + \sin \beta) = G$$

$$\therefore T = \frac{G \sin \beta}{\cos \beta \operatorname{tg} \alpha + \sin \beta} = \frac{G}{\cos \beta (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \beta)}$$

$$= \frac{1.5}{\frac{20}{\sqrt{425}} \left(\frac{5}{10} + \frac{5}{20} \right)} = \frac{1.5}{\sqrt{4.25}}$$

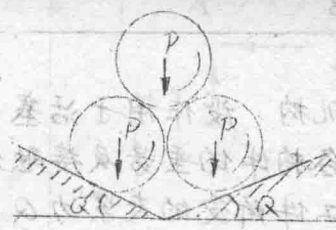
$$= 2.06 \text{ kN} \quad \text{--- (c)}$$

将 (c) 代入 (a) 式得

$$P = 2.06 \left(\frac{20}{\sqrt{425}} \cdot \frac{\sqrt{125}}{10} - 1 \right) = 0.174 \text{ kN}$$

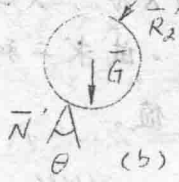
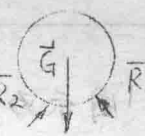
2-8

三个相同的光滑圆柱放置如图，求圆柱不致倒塌时 θ 角之最小值。



题 2-8

(a)



$$(a) \sum F_x = 0$$

$$R_2 \sin 30^\circ - R_1 \sin 30^\circ = 0$$

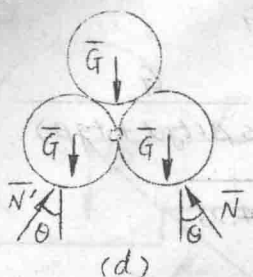
$$\therefore R_1 = R_2$$

$$(b) \sum F_y = 0$$

$$2R_1 \cos 30^\circ - G = 0$$

$$(c) \therefore R_1 = \frac{G}{2 \cos 30^\circ} \quad \text{--- (A)}$$

2-8
续



$$(d) \sum F_x = 0$$

$$N' \sin \theta - N \sin \theta = 0$$

$$\therefore N' = N$$

$$\sum F_y = 0$$

$$2N \cos \theta - 3G = 0$$

$$N = \frac{3G}{2 \cos \theta} \quad \text{--- (B)}$$

$$(C) \sum F_x = 0$$

$$R_1 \sin 30^\circ - N \sin \theta = 0 \quad \text{--- (C)}$$

将(A) (B)代入(C)式得

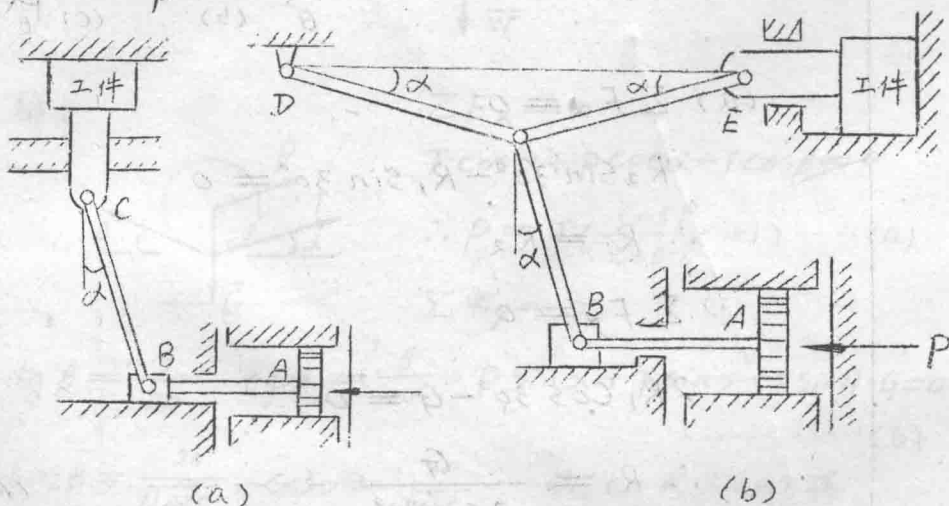
$$\frac{G}{2 \cos 30^\circ} \sin 30^\circ - \frac{3G}{2 \cos \theta} \sin \theta = 0$$

$$\therefore \tan \theta = \frac{1}{3} \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{9}$$

$$\theta = 10^\circ 53' 36''$$

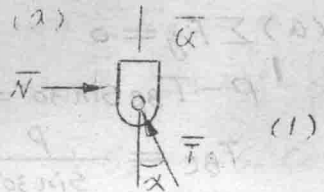
2-9

图示为二种液压式夹紧机构，设作用于活塞A上的力 $P = 1 \text{ kN}$ ， $\alpha = 10^\circ$ ，各构件的垂重及接触处的摩擦均不计。试求二种机构中工件所受的夹紧力 Q ，及增力比 $\frac{Q}{P}$ 值。



题 2-9 图

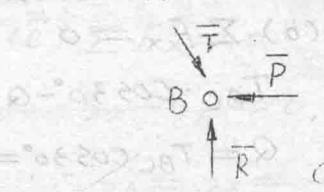
2-9 续



$$(1) \sum F_y = 0$$

$$T \cos \alpha - Q = 0$$

$$T = \frac{Q}{\cos \alpha}$$

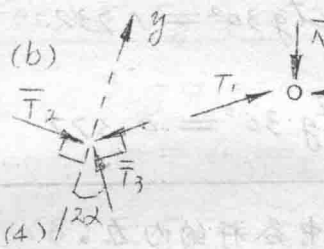


$$(2) \sum F_x = 0$$

$$T \sin \alpha - P = 0$$

$$\therefore P = T \sin \alpha = Q \tan \alpha$$

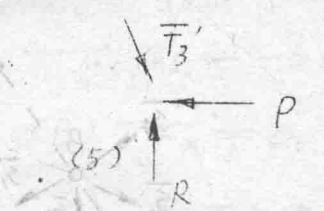
$$\frac{Q}{P} = \cot \alpha = 5.671$$



$$(3) \sum F_x = 0$$

$$T_1 \cos \alpha - Q = 0$$

$$T_2 = \frac{Q}{\cos \alpha}$$



$$(4) \sum F_y = 0$$

$$T_3 \cos 2\alpha - T_1 \sin 2\alpha = 0$$

$$T_3 = T_1 \frac{\sin 2\alpha}{\cos 2\alpha} = \frac{Q}{\cos \alpha} \cdot \tan 2\alpha$$



$$(5) \sum F_x = 0$$

$$T_3 \sin \alpha - P = 0$$

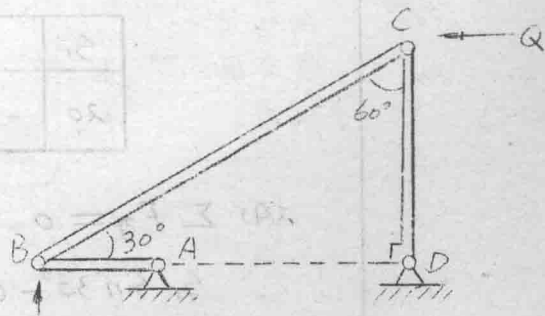
$$P = T_3 \sin \alpha = Q \cdot \tan \alpha \cdot \tan 2\alpha$$

$$\frac{Q}{P} = \cot \alpha \cdot \cot 2\alpha = 15.58$$

2-10

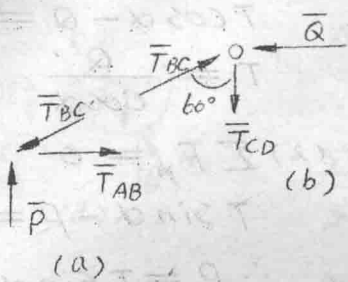
2-10	改接四连杆机		
	A、B、C、D的		
	AB杆固定，机构		

各角度如图所注。在铰链B上作用水平力Q而使机构处于平衡状态。杆重不计，试求P与Q的关系。



题 2-10 图

2-10
续



(a) $\sum F_y = 0$

$$P - T_{BC} \sin 30^\circ = 0$$

$$T_{BC} = \frac{P}{\sin 30^\circ}$$

(b) $\sum F_x = 0$

$$T_{BC} \cdot \cos 30^\circ - Q = 0$$

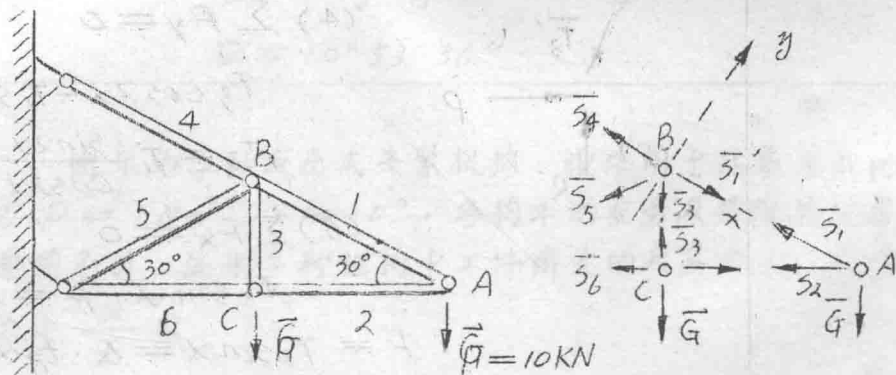
$$Q = T_{BC} \cos 30^\circ = \frac{\cos 30^\circ}{\sin 30^\circ}$$

$$\therefore \frac{Q}{P} = \operatorname{ctg} 30^\circ = 1.732$$

$$\text{或} \frac{P}{Q} = \operatorname{tg} 30^\circ = 0.577$$

2-11

求图所示平面桁架中各杆的内力。



题 2-11 图

S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
20	-17.32	10	20	-10	-17.32

(A) $\sum F_y = 0$

$$S_1 \sin 30^\circ - G = 0$$

$$\therefore S_1 = \frac{G}{\sin 30^\circ} = 20 \text{ kN}$$

2-11
续

$$(A) \sum F_x = 0$$

$$-S_1 \cos 30^\circ - S_2 = 0$$

$$\therefore S_2 = -S_1 \cos 30^\circ = -17.32 \text{ KN}$$

$$(C) \sum F_x = 0$$

$$S_2 - S_6 = 0$$

$$\therefore S_6 = S_2 = -17.32 \text{ KN}$$

$$(C) \sum F_y = 0$$

$$S_3 - G = 0$$

$$\therefore S_3 = G = 10 \text{ KN}$$

$$(B) \sum F_y = 0: -S_3 \cos 30^\circ - S_5 \cos 30^\circ = 0$$

$$S_5 = -S_3 = -10 \text{ KN}$$

$$(B) \sum F_x = 0: S_1 + S_3 \cos 60^\circ - S_5 \cos 60^\circ - S_4 = 0$$

$$S_4 = S_1 + (S_3 - S_5) \cos 60^\circ = 20 + \frac{1}{2} [10 - (-10)] = 25 \text{ KN}$$

求杆AC的受力，即求杆AC的轴力，为30KN

杆AC的轴力为30KN，即杆AC的轴力为30KN

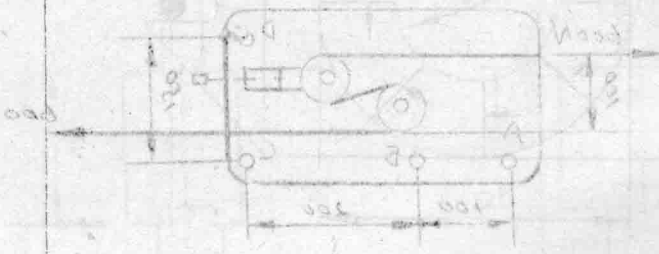


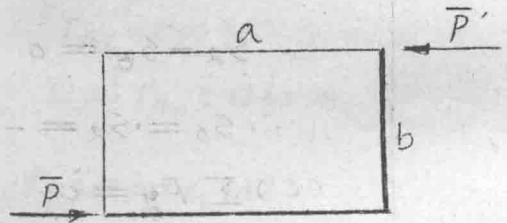
图 2-11 续

小端小受其轴力，即杆AC的轴力为30KN

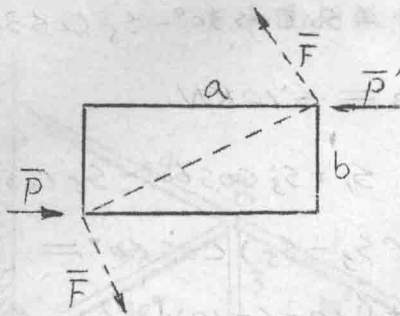
第三章 力偶理论

3-1

车间内有一矩形钢板，边长 $a = 4\text{m}$ ， $b = 2\text{m}$ 。为依钢板转一角度，顺着边长加两反向平行力 P 、 P' 。设能转动钢板时所需的力 $P = P' = 200\text{N}$ 。试考虑如何加力可依所费的力最小，并求出这个最小的力的大小。



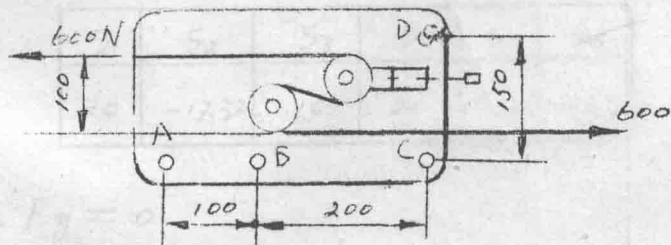
题 3-1 图



$$\begin{aligned} \text{解 } m(\vec{F}, \vec{F}) &= m(\vec{P}, \vec{P}') \\ F \cdot \sqrt{a^2 + b^2} &= P \cdot b \\ \therefore F &= P \cdot \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}} = 200 \cdot \frac{2}{\sqrt{20}} \\ &= 89.44\text{N} \end{aligned}$$

3-2

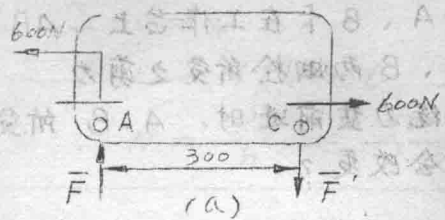
有一胶带通过一滑轮组，胶带两端所受拉力均为 600N ，滑轮组底板尺寸如图所示。底板拟用二个铰制孔螺栓加以固定，试求 (1) 螺栓置于 A、C 孔及 B、D 孔时，螺栓所受之剪切力。



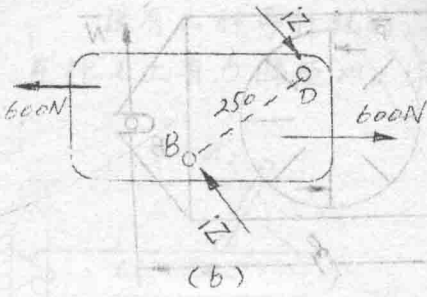
题 3-2 图

(1) 固定螺栓放在哪两个孔，可依其受力最小。

续



(a) $\sum m = 0$
 $600 \cdot 100 - F \cdot 300 = 0$
 $\therefore F = 200N$

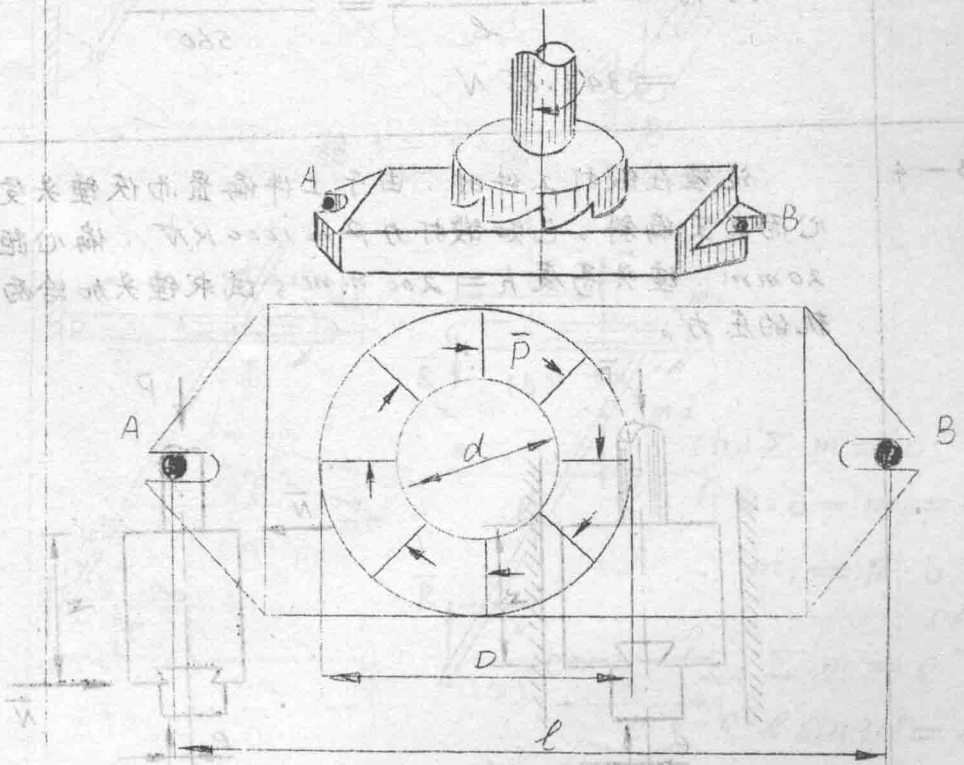


(b) $\sum m = 0$
 $600 \cdot 100 - N \cdot 250 = 0$
 $\therefore N = 240N$

两细栓置于AC孔时受力最小。

5-3

用端铣刀铣一底座的平面，设铣刀端面有八个刀刃，每个刀刃上的切削力 $P = 400N$ ，且作用于刀刃的中点，刀盘外径 $D = 160mm$ ，内径 $d = 80mm$ ，如图所示。



题 3-3 图

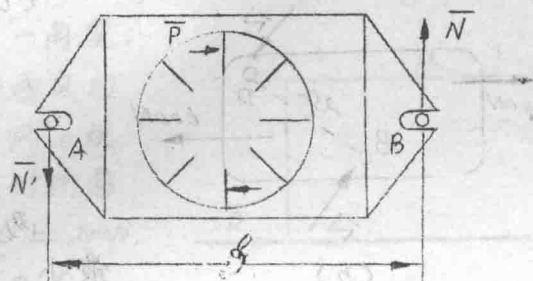
图 + - 与 限

3-3
续

底座则用二个销钉 A、B 卡在工作台上， $AB = 560$ 。

试求：1. A、B 两销钉所受之剪力

2. 当铣刀盘前进时，A、B 所受之剪力是否会改变？



$$\sum m = 0$$

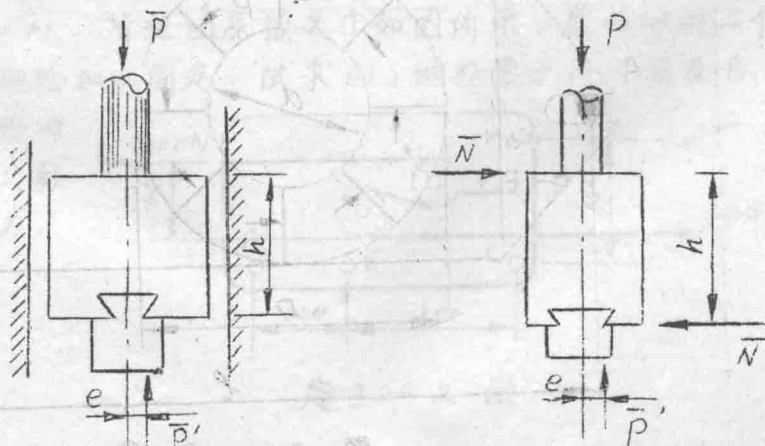
$$N \cdot l - 4P \cdot \frac{D+d}{2} = 0$$

$$\therefore N = \frac{2P(D+d)}{l} = \frac{2 \cdot 400 \cdot 240}{560}$$

$$= 342.85 \text{ N}$$

3-4

汽锤在锻打工件时，由于工件偏置而使锤头受力偏心而发生偏斜。已知锻打力 $P = 1000 \text{ kN}$ ，偏心距 $e = 20 \text{ mm}$ ，锤头高度 $h = 200 \text{ mm}$ ，试求锤头加给两侧导轨的压力。



题 3-4 图

3-4
续

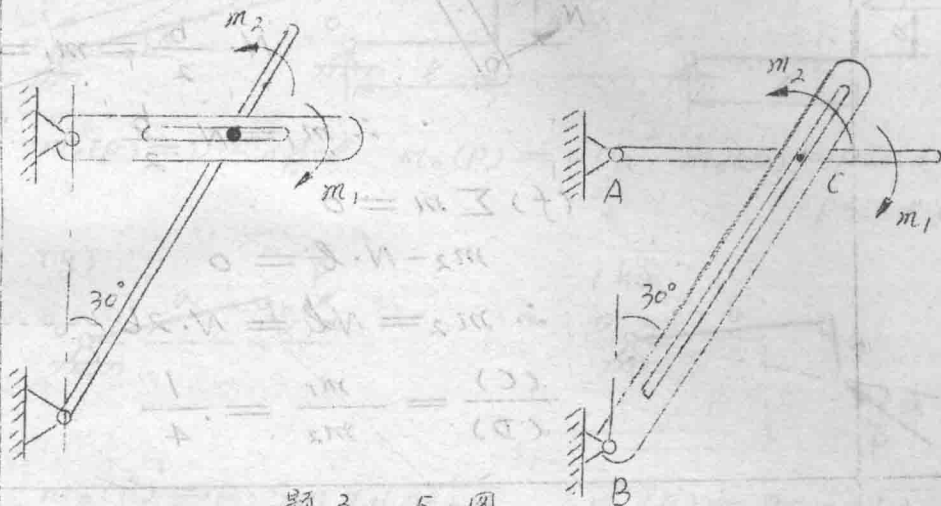
$$\sum m = 0$$

$$P \cdot e - N \cdot h = 0$$

$$\therefore N = \frac{Pe}{h} = \frac{1000 \cdot 20}{200} = 100 \text{ kN}$$

3-5

设有二种导杆机构，在杆1上有力偶矩 m_1 作用，在杆2上有力偶矩 m_2 作用，试求在平衡时 $\frac{m_1}{m_2} = ?$



题 3-5 图

